

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

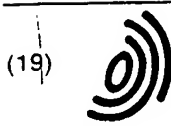
Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) EP 0 821 250 A1

(12)

## DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:  
28.01.1998 Bulletin 1998/05

(51) Int Cl.<sup>6</sup>: G02B 6/12, H01S 3/06,  
H01S 3/025, G02F 1/01,  
G02F 1/035

(21) Numéro de dépôt: 97410074.5

(22) Date de dépôt: 10.07.1997

(84) Etats contractants désignés:  
AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC  
NL PT SE

(30) Priorité: 24.07.1996 FR 9609536

(71) Demandeur: SCHNEIDER ELECTRIC SA  
92100 Boulogne Billancourt (FR)

(72) Inventeurs:  
• Broquin, Jean-Emmanuel  
38050 Grenoble Cedex 09 (FR)  
• Rimet, Roger  
38050 Grenoble Cedex 09 (FR)

(74) Mandataire: Jouvray, Marie-Andrée et al  
Schneider Electric SA,  
Sce. Propriété Industrielle  
38050 Grenoble Cédex 09 (FR)

### (54) Dispositif d'optique intégrée avec des zones de guidage actives et passives

(57) Le dispositif intègre sur un même substrat de verre (1) un guide monomode passif (2b) réalisé par échange d'ions dans le substrat et un guide actif monomode à confinement latéral par le substrat constitué par une couche (4) mince active déposée sur le substrat et recouvrant une zone (2a) en forme de canal réalisée par échange d'ions dans le substrat. Le guide monomode

passif (2b) constitue le prolongement de la zone (2a) en forme de canal du guide actif. La couche mince (4) comporte une zone de transition permettant le passage adiabatique de la lumière du guide passif au guide actif et réciproquement. La zone de transition peut être constituée par un bord (5) de la couche (4) coupant obliquement l'axe (S) de la zone en forme de canal ou par une zone d'épaisseur variable de la couche mince.

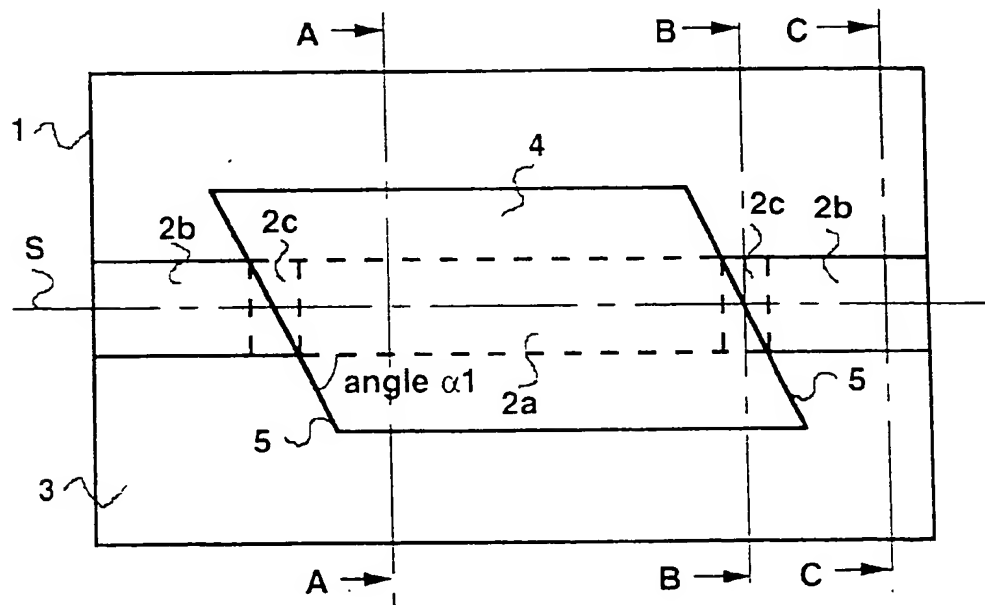


Fig. 2

EP 0 821 250 A1

## Description

L'invention concerne un dispositif d'optique intégrée comportant un substrat de verre, une couche mince active, plane, guidante, déposée sur une surface du substrat, et une zone en forme de canal réalisée dans le substrat par échange d'ions et comportant un premier tronçon, de section prédéterminée, affleurant à ladite surface et recouvert par la couche mince de manière à délimiter latéralement une zone de confinement d'une onde lumineuse dans la couche mince pour former un guide monomode à confinement latéral par le substrat.

Un dispositif optique actif connu réalisé en optique intégrée, comporte un film polymère déposé sur un substrat de verre et formant une couche guidante pour la lumière. Un canal, non guidant, formé par échange d'ions dans le substrat au dessous du film polymère définit un confinement latéral des ondes lumineuses dans la partie de la couche mince recouvrant le canal. Il a été proposé d'utiliser ce type de dispositif optique pour des commutateurs optiques (Article de N.E. SCHLOTTER et al.: "Fabrication of Channel waveguides in polydiacetylenes: composite diffused glass/polymer structures", Appl. Phys. Lett. 56 (1), (01/01/90)).

L'invention a pour but un dispositif optique permettant de réaliser à faible coût des composants optiques actifs, tels que des modulateurs, des amplificateurs, des capteurs, des commutateurs ou des lasers.

Selon l'invention, ce but est atteint par le fait que, la couche mince couvrant partiellement ladite surface du substrat, le premier tronçon est prolongé dans le substrat par au moins un second tronçon, non recouvert par la couche mince, en forme de canal, formé par échange d'ions et de section prédéterminée supérieure à la section du premier tronçon, de manière à former dans le substrat un guide monomode passif.

L'intégration sur un même substrat de zones de guidage passives réalisées par échange d'ions et de zones de guidage actives utilisant le guidage par l'onde évanescente et réalisées en combinant les techniques de l'échange d'ions et du dépôt de couches, permet d'obtenir un dispositif optique actif à la fois performant et peu coûteux.

Pour améliorer les performances d'un tel dispositif, il est souhaitable d'optimiser le passage des ondes lumineuses des zones de guidage passives aux zones de guidage actives et réciproquement.

Selon un développement de l'invention, ceci est réalisé par le fait que la couche mince comporte une zone de transition permettant le passage adiabatique de la lumière entre le second tronçon et la couche mince.

Selon une seconde variante, la zone de transition comporte au moins un bord de la couche mince coupant la zone en forme de canal obliquement sous un angle prédéterminé, faible, de manière à délimiter dans la zone en forme de canal au moins une portion axiale totalement recouverte, une portion axiale totalement décou-

verte et une portion axiale partiellement recouverte.

La portion axiale totalement recouverte est, de préférence, formée par le premier tronçon, la portion axiale totalement découverte par le second tronçon et la portion axiale partiellement recouverte par un tronçon intermédiaire de section variable comprise entre les sections des premier et second tronçons.

Selon une seconde variante, la zone de transition est constituée par au moins une zone d'épaisseur variable de la couche mince, ladite épaisseur croissant du second tronçon vers le premier tronçon. La zone d'épaisseur variable de la couche forme avec la surface du substrat un angle très faible.

D'autres avantages et caractéristiques ressortiront plus clairement de l'exposé qui va suivre de modes de réalisation particuliers de l'invention, donnés à titre d'exemples non limitatifs et représentés aux dessins annexés sur lesquels :

La figure 1 illustre un dispositif à guidage actif selon l'art antérieur,

La figure 2 représente, vu de dessus, un premier mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention,

La figure 3 illustre les variations de la profondeur de l'axe de propagation de la lumière par rapport à la face supérieure du substrat du dispositif selon la figure 2,

Les figures 4 à 6 représentent respectivement des coupes selon A-A, B-B et C-C du dispositif selon la figure 2,

Les figures 7 et 8 représentent un second mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention, respectivement en vue de face et en vue de dessus.

La figure 9 représente, en vue de face, une variante de réalisation du dispositif selon la figure 7.

Le guide monomode à confinement par le substrat de la figure 1 comporte un substrat de verre 1 dans lequel une zone 2 en forme de canal est réalisée par échange d'ions. La zone 2 affleure à la surface 3 (face supérieure sur la figure 1) du substrat 1. Une couche mince 4, plane, guidante, est déposée sur la surface 3. Dans un tel dispositif, les ondes lumineuses sont guidées dans la couche 4. La zone 2 en forme de canal en contact avec la partie évanescente des ondes lumineuses provoque un confinement latéral de la lumière dans la couche 4 au voisinage de la zone 2. On obtient ainsi un guidage horizontal des ondes lumineuses.

Le dispositif selon les figures 2 et 4 à 6 combine sur un même substrat de verre 1 les techniques de guidage passif et de guidage latéral par l'onde évanescente. La couche mince 4 ne recouvre qu'une partie de la surface 3 du substrat de verre. La zone 2, en forme de canal,

réalisée par échange d'ions dans le substrat comporte un premier tronçon 2a, recouvert par la couche mince 4. Cette partie du dispositif forme un guide à confinement par le substrat du même type que sur la figure 1. Le premier tronçon 2a est prolongé dans le substrat par des seconds tronçons 2b, non recouverts par la couche mince 4. Sur la figure 2, les seconds tronçons 2b prolongent le tronçon 2a à ses deux extrémités. Les tronçons 2b réalisés par échange d'ions forment dans le substrat un guide passif.

Dans le mode de réalisation des figures 4 et 6, les premier et second tronçons 2a et 2b affleurent à la surface 3 du substrat. Ils se distinguent par leur section. La section du premier tronçon 2a est inférieure à la section du second tronçon 2b, ces sections étant telles que, pour une longueur d'onde prédéterminée, le premier tronçon est non guidant tandis que le second tronçon est guidant.

Pour permettre à l'onde lumineuse de passer avec un minimum de pertes du guide monomode passif situé dans le substrat, constitué par le tronçon 2b, au guide monomode à confinement par le substrat, constitué par la couche mince 4 et le tronçon 2a, et réciproquement, la couche mince 4 comporte des zones de transition.

Dans le mode de réalisation des figures 2 et 5, une zone de transition de la couche 4 est constituée par un bord 5 de la couche qui coupe obliquement la zone 2 en forme de canal sous un angle  $\alpha_1$  prédéterminé. L'angle  $\alpha_1$ , très exagéré sur la figure 2 pour des raisons de clarté, est très faible, de préférence inférieur à un degré environ. Le bord 5 délimite ainsi dans la zone 2 en forme de canal une portion axiale totalement recouverte formée par le premier tronçon 2a, une portion axiale totalement découverte formée par le second tronçon 2b et une portion axiale partiellement recouverte formée par un tronçon intermédiaire 2c disposé entre les premier et second tronçons. Comme représenté à la figure 5, la section du tronçon intermédiaire variable est comprise entre les sections des premier (2a) et second (2b) tronçons.

A titre d'exemple non limitatif, la couche mince 4 peut avoir une épaisseur inférieure à 10 micromètres, de préférence inférieure à 3 micromètres. Elle est typiquement de l'ordre de 1 micromètre, et l'angle  $\alpha_1$  est inférieur à  $1^\circ$ , de préférence voisin de  $0,5^\circ$ .

Sur la figure 2, la couche mince 4 a sensiblement la forme d'un parallélogramme ayant deux côtés parallèles à un axe S de la zone 2 en forme de canal et deux côtés 5 faisant un angle  $\alpha_1$  avec l'axe S et forment chacun une zone de transition entre un tronçon 2b et un tronçon 2a.

Avec le dispositif des figures 2, et 4 à 6, les variations de la profondeur P de propagation d'une onde lumineuse, en fonction de sa position x le long de l'axe S sont telles que représentées à la figure 3. La profondeur nulle correspondant à la surface 3 du substrat 1, l'onde lumineuse se propage à une profondeur P2, négative, dans les tronçons 2b et à une profondeur P1, positive

dans la partie de la couche 4 recouvrant le tronçon 2a. La largeur de la zone de transition entre les profondeurs P1 et P2 dépend de l'angle  $\alpha_1$  et de la largeur du canal 2.

Le passage de la lumière se fait ainsi de façon adiabatique du guide monomode passif situé dans le substrat au guide monomode à confinement par le substrat, et réciproquement.

Les figures 7 et 8 représente un second mode de réalisation de la zone de transition de la couche mince 4. La couche mince 4 a une épaisseur prédéterminée, sensiblement constante au dessus du premier tronçon 2a, et une épaisseur variable, croissant du second tronçon 2b, non recouvert au premier tronçon 2a recouvert. La partie 6 d'épaisseur variable de la couche 4 forme avec la surface 3 du substrat 1 un angle  $\alpha_2$ , très faible. En pratique, l'angle  $\alpha_2$  est du même ordre de grandeur que l'angle  $\alpha_1$  précédemment décrit.

Dans la variante de réalisation de la figure 9, les tronçons 2b n'affleurent pas à la surface 3 du substrat, mais sont enterrés plus profondément dans le substrat, ce qui permet notamment de faciliter le couplage du dispositif avec d'autres éléments optiques tels que des fibres optiques, notamment. Une technique plus particulièrement adaptée à la formation du canal 2 avec des tronçons de profondeur variable est décrite dans le document WO-A- 95 13553.

La couche mince 4 peut être réalisée en tout matériau qui interagit avec la lumière pour permettre, selon le cas, d'amplifier, moduler, absorber, commuter ou capter une onde lumineuse. A titre d'exemple, on peut utiliser des oxydes, des verres, des polymères. La couche mince peut être déposée par tout procédé approprié, en particulier par un procédé sol-gel, ou par pulvérisation cathodique. La couche peut être dopée avec des terres rares.

La condition d'adiabaticité est déterminée par l'angle ( $\alpha_1$  ou  $\alpha_2$ ) d'attaque de la couche mince active et par la différence entre les constantes de propagation de la lumière dans la zone passive d'une part et la zone active d'autre part.

## Revendications

1. Dispositif d'optique intégrée comportant un substrat de verre (1), une couche mince (4) active, plane, guidante, déposée sur une surface (3) du substrat, et une zone (2) en forme de canal réalisée dans le substrat par échange d'ions et comportant un premier tronçon (2a), de section prédéterminée, affleurant à ladite surface (3) et recouvert par la couche mince (4) de manière à délimiter latéralement une zone de confinement d'une onde lumineuse dans la couche mince (4) pour former un guide monomode à confinement latéral par le substrat, dispositif caractérisé en ce que, la couche mince (4) couvrant partiellement ladite surface (3) du substrat (1), le premier tronçon (2a) est prolongé dans le substrat

par au moins un second tronçon (2b), non recouvert par la couche mince, en forme de canal, formé par échange d'ions et de section prédéterminée supérieure à la section du premier tronçon, de manière à former dans le substrat un guide monomode passif. 5

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que la couche mince (4) comporte une zone de transition (5, 6) permettant le passage adiabatique de la lumière entre le second tronçon (2b) et la couche mince (4). 10
3. Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que la zone de transition comporte au moins un bord (5) de la couche mince (4) coupant la zone (2) en forme de canal obliquement sous un angle prédéterminé ( $\alpha_1$ ) faible, de manière à délimiter dans la zone en forme de canal au moins une portion axiale totalement recouverte, une portion axiale totalement découverte et une portion axiale partiellement recouverte. 15 20
4. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce que la portion axiale totalement recouverte est formée par le premier tronçon (2a), la portion axiale totalement découverte par le second tronçon (2b) et la portion axiale partiellement recouverte par un tronçon intermédiaire (2c) de section variable comprise entre les sections des premier et second tronçons. 25 30
5. Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que la zone de transition est constituée par au moins une zone (6) d'épaisseur variable de la couche mince (4), ladite épaisseur croissant du second tronçon (2b) vers le premier tronçon (2a). 35
6. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que la zone (6) d'épaisseur variable de la couche (4) forme avec la surface (3) du substrat (1) un angle ( $\alpha_2$ ) très faible. 40
7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 3, 4 et 6, caractérisé en ce que l'angle ( $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ) est inférieur à  $1^\circ$  environ. 45
8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que la couche mince (4) est constituée par un oxyde, un verre ou un polymère. 50
9. Dispositif selon la revendication 8, caractérisé en ce que la couche mince (4) est dopée avec des terres rares. 55

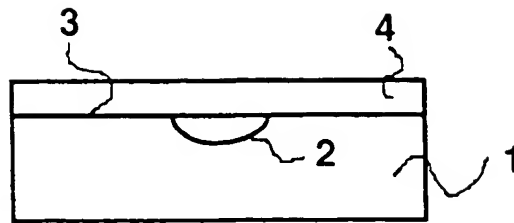


Fig. 1 (ART ANTERIEUR)

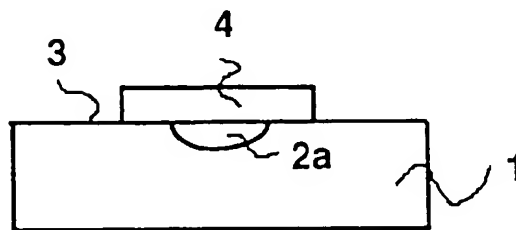


Fig. 4

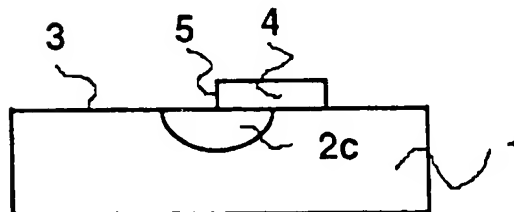


Fig. 5

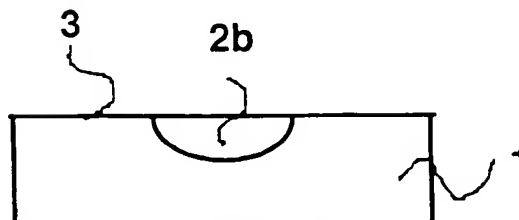


Fig. 6





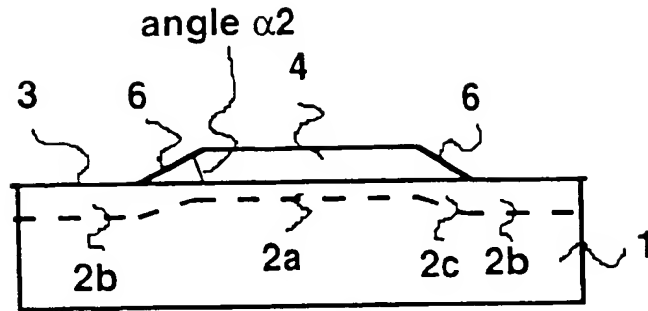


Fig. 7

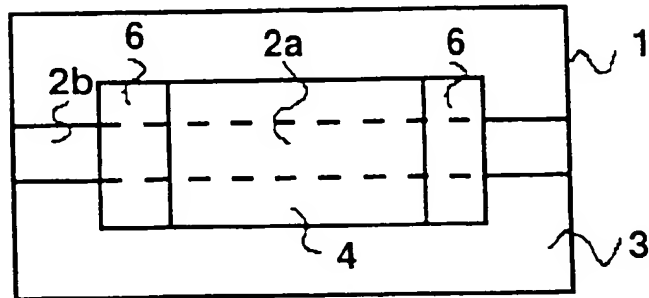


Fig. 8

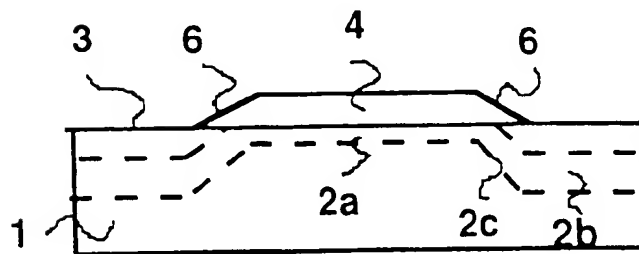


Fig. 9



Office européen  
des brevets

# RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande  
EP 97 41 0074

## DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revenant sur concernées	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.6)
Y	EP 0 415 167 A (FUJITSU LTD) 6 mars 1991 * colonne 2 - colonne 4, ligne 35 * * colonne 6, ligne 42 - ligne 56: figures 2.10A *	1.2.6-9	G02B6/12 H01S3/G6 H01S3/025 G02F1/01 G02F1/035
Y	SOTTINI S ET AL: "Optical fiber-polymer guide coupling by a tapered graded index glass guide" IEEE JOURNAL OF QUANTUM ELECTRONICS, vol. 31, no. 6, 1 <sup>er</sup> juin 1995, pages 1123-1130, XP000510144 * sections I-III, V * * page 1129, ligne 3 - ligne 5: figures 1.2 *	1.2.6-9	
A	FR 2 381 328 A (INT STANDARD ELECTRIC CORP) 15 septembre 1978 * page 2, ligne 9 - page 3: figure 1 *	1.2	
D.A	WO 95 13553 A (SCHNEIDER ELECTRIC SA; KEVORKIAN ANTOINE (FR); PERSEGOL DOMINIQUE) 18 mai 1995 * le document en entier *	1.2	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6) G02B H01S G02F
D.A	SCHLOTTER N E ET AL: "Fabrication of channel waveguides in polydiacetylenes: Composite diffused glass/polymer structures" APPLIED PHYSICS LETTERS, vol. 56, no. 1, 1 janvier 1990, pages 13-15, XP000126784 * le document en entier *	1.8	
A	US 5 381 262 A (ARIMA TADAO ET AL) 10 janvier 1995 * colonne 2, ligne 51 - colonne 5, ligne 23: figures 2.3 *	1.2.9	

Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications

Leur de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examineur
LA HAYE	24 octobre 1997	Stang. 1
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>Y : particulièrement pertinent à l'invention  Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie  A : antérieur-plan technique  D : divulgation non écrite  D : document intéressant</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention  E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date  D : cité dans la demande  L : cité pour d'autres raisons  A : membre de la même famille, document correspondant</p>		



Office européen  
des brevets

# RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande  
EP 97 41 0074

## DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (int.CI.6)
A	FAWCETT G ET AL: "In-line fibre-optic intensity modulator using electro-optic polymer" ELECTRONICS LETTERS. vol. 28, no. 11, 21 mai 1992. pages 985-986. XP000305870 * le document en entier *	1.6	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (int.CI.6)
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Titre de la recherche <b>LA HAYE</b>		Date d'achèvement de la recherche <b>24 octobre 1997</b>	Examinateur <b>Stang. I</b>
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : des dans la demande L : cité pour d'autres raisons X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technique O : divulgation non-écrite P : document intermédiaire	

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**